Aus der Universitäts-Augenklinik Bonn.
Direktor: [redacted] Professor Dr. Schmidt.

Untersuchungen über vergleichende Erkennungswerte der gebräuchlichsten Optotypen und die optimale Beleuchtung bei der Bestimmung der Sehschärfe.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

Vorgelegt am 25. November 1937

von

Heinz Bönig

zu Dohnsen, Krs. Holzminden.

Druck H. Trapp, Bonn, Stiftsgasse 11 / 1938.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn.

Referent: Professor Dr. Schmidt.

Korreferent: Professor Dr. Pietrusky.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Erst seit Mitte vorigen Jahrhunderts sind Sehprobentafeln zur zahlenmäßigen Bestimmung der Sehschärfe des Auges gebräuchlich. Seitdem sind in großer Anzahl Optotypen entstanden, die in ihrem Aufbau einander recht verschieden sind. Es ist auf Ophtalmologenkongressen verschiedentlich der Versuch gemacht worden, eine einheitliche internationale Sehprobentafel einzuführen. Jedoch ist aus den erschienenen Arbeiten ersichtlich, daß immer noch eine große Anzahl verschiedener Optotypen nebeneinander gebräuchlich ist. Nun bestehen in der zahlenmäßigen Angabe des Visus Unterschiede, welche leicht zu Irrtümern führen können, da selten angegeben wird, nach welchen Proben untersucht wurde. Es ist z. B. bekannt, daß ein Visus von 6/6 Snellen nicht dem von 5/5 Schweiggert oder 1,0 Löhlein entspricht, wobei angenommen wird, daß diese den Wert einer normalen Sehschärfe darstellen. Heute weiß man, daß Snellen bei seinen Untersuchungen Augen als normal heranzog, die heute wegen geringen Astigmatismus (bis 0,5 D) ausgeschlossen würden. Es soll nun die Aufgabe dieser Arbeit sein, für die höheren Sehschärfenwerte einen Vergleichswert der Erkennbarkeit der gebräuchlichsten Sehprobentafeln aufzustellen. Es wurden zum Vergleich herangezogen: 1. Die Heß'schen Proben, 2. die Landolt'schen Ringe, 3. die Blascovics'sche Tafel, 4. die Schweiggert'sche Zahlentafel, 5. die Schweiggert'sche Buchstabentafel, 6. die Heine'sche Zahlentafel nach Snellen's Prinzip.

Zuvor ein Überblick über Geschichte und Wesen der Optotypentafeln! Sie entstanden aus dem Bestreben heraus, die Sehschärfe durch einen meßbaren Begriff auszudrücken. Der Begriff der Sehschärfe selbst ist häufig Gegenstand der Diskussion gewesen und recht verschiedenartig ausgelegt worden.

Im praktischen Leben bezeichnet man als Sehschärfe die optische Leistungsfähigkeit, die praktische Brauchbarkeit des

Auges zur Erkennung von Gegenständen. Um nun das Wesen der verschiedenen Optotypen kennenzulernen, ist es wichtig, die Auslegung des Begriffes „Sehschärfe“ von einigen Autoren zu hören.

Snellen: Die Sehschärfe wird bestimmt durch den kleinsten Winkel, unter welchem das Auge einen Gegenstand zu erkennen vermag.

Landolt: Sehschärfe ist die Fähigkeit des Auges, Gegenstände in ihrer Form zu erkennen.

Guillery: Sehschärfe ist die Feinheit der räumlichen Wahrnehmung im ebenen Sehfelde.

Nagel: Der Grad der Sehschärfe ist gegeben durch das kleinste Netzhautbild, welches bei ausreichender Helligkeit und möglichst scharfer optischer Einstellung des Auges zur Untersuchung zweier Punkte genügt.

Inouya: Die Sehschärfe ist der Raumsinn des Gesichtssinnes.

Heß: Die Sehschärfe ist die Fähigkeit des Auges, zwei feine Punkte noch eben gesondert wahrzunehmen.

Elschnig: Die Sehschärfe oder „zentrale Sehschärfe“ ist auf Grund der Art der Bestimmung weder eine mathematisch noch physikalisch wissenschaftlich ausdrückbare Größe, sondern die komplexe Funktion der fovea centralis und des optischen Apparates, beeinflußt teils in positivem, teils in negativem Sinne von einer ganzen Reihe von begleitenden Umständen. Diese sind:

1. Der Gesichtswinkel.

2. Die Irradiation = Lichtausbreitung ändert die wirksame Kontur des Sehobjektes so, daß die Irradiationsgröße gleich ist Gesichtswinkel mal Quadratwurzel aus der Lichtstärke. Sie ändert die scheinbare Größe optischer Eindrücke; das weiße Objekt auf schwarzem Grund erscheint größer, das schwarze auf weißem kleiner.

3. Die Helligkeit. Die Sehschärfe ändert sich mit Änderung der Helligkeit.

4. Die farbige Valenz ändert die Sehschärfe hauptsächlich entsprechend der relativen subjektiven Helligkeit einer Farbe.

5. Die Aberration. Es gibt im Auge keine scharfen Netzhautbilder, sondern auch bei optimaler Einstellung erfolgt jede Abbildung in Zerstreuungskreisen.

6. Die Blickruhe. Es wird selten ein Gegenstand ruhig fixiert.

7. Die Adaptation. Im Hellauge erfolgt bei Vermehrung der Beleuchtung rasche, im Dunkelauge langsame Progression der Sehschärfe.

8. Simultankontrast schafft subjektiv scharfe Konturen.

9. Das Auflösungsvermögen:
   a) des monukular geprüften Auges
   b) des binokular „ „

10. Das Gedächtnis (Übung).

11. Die Aufmerksamkeit.

12. Der anatomische Aufbau des Auges.

13. Die Weite der Pupille.

Im Jahre 1862 konstruierte Giraud-Teulon Sehproben, denen er den Gesichtswinkel von 1 Minute zugrunde legte. 1705 stellte Hooke fest, daß unter 100 Personen kaum eine ist, die 2 Sterne zu unterscheiden vermag, deren scheinbare Entfernung voneinander kleiner als 60 Sekunden ist. Seitdem ist der Sehwinkel von 1 Minute als Maß für die Sehschärfe des menschlichen Auges gewählt worden. Tobias Meyer (1754), Th. Weber (1852), Bergmann (1857) fanden allerdings bei ihren Untersuchungen mit parallelen Linien bedeutend kleinere Distinktionswinkel als 1 Minute. Heute ist bekannt, daß Sterne einen grösseren Distinktionswinkel erfordern als terrestrische Punkte. Dieser minimale angulus visorius wurde von Giraud-Teulon als minimum separabile bezeichnet. Er fordert von seinen Sehproben, daß sie aus zusammenhängenden Worten bestehen, zusammengesetzt aus Buchstaben des kleinen Alphabets, die gleich breit sind, daß die Intervalle zwischen den einzelnen Buchstaben die Breite des einzelnen Striches besitzen, entsprechend dem Minimum separabile. Ferner verlangt er, daß die Worte nur wenige lange Buchstaben enthalten und daß doppelt lange Buchstaben wie ss und ff ganz vermieden werden. Im selben Jahre konstruierte Snellen seine epochemachenden Sehprobentafeln unter

Zugrundelegung seiner bereits erwähnten Sehschärfen-Definition. Er fordert von ihnen: Die zur Bestimmung der Sehschärfe erforderlichen Figuren sollen derart beschaffen sein, daß zu ihrer Erkennung einzelne Punkte als von einander getrennt unterschieden und leicht beschrieben oder benannt werden können. Einigermaßen komplizierte Figuren verdienen den Vorzug vor Gruppen von Punkten, weil sie von Differenzen der Beleuchtung weniger beeinflußt werden. Er verwendet Buchstaben, da sie bei der erforderlichen Verschiedenheit doch genügend Übereinstimmung in Form und Deutlichkeit besitzen. Seine Test-Typen bestehen aus quadratischen, großen lateinischen Lettern, deren Linien und Zwischenlinien $^1/_5$ der Höhe betragen. Zur Bestimmung der Sehschärfe auf Abstand dient eine Tafel mit Buchstaben von 7 verschiedenen Größen, die jeweils aus einer bestimmten Entfernung unter einem Winkel von 5 Min. erscheinen. Die Strichbreite der Buchstaben entspricht einem Winkel von 1 Min. Außerdem stammen von ihm noch Sehproben aus Druckbuchstaben und aus gotischen Lettern.

Nach Snellen entstand eine große Reihe von Sehprobentafeln der verschiedensten Autoren, alle in dem Bestreben, eine exaktere Bestimmung der Sehschärfe zu ermöglichen. Guillery schlug als Testobjekt Punktsehproben (mit je einem einzigen Punkt) vor. Er ging aus von einem Winkel von 50 Sek. und sagte, daß ein Auge, welches nach den übrigen Schriftproben als normal bezeichnet werde, auch stets einen schwarzen Punkt auf weißem Grunde zu erkennen vermöge. Um nun sicher zu sein, daß der betreffende Punkt auch wirklich erkannt wird, setzte G. ihn an eine bestimmte Stelle, in die Mitte oder in eine der vier Ecken eines Quadrates. Snellen verwarf diese Proben, da die Wahrnehmung eines einzelnen Punktes in hohem Maße abhängig sei von der Belichtung.

Blaskovics gab Sehproben heraus, bei denen er von der Feststellung ausging, daß mit Zeichen, Buchstaben, Zahlen und Figuren aller Art, die zur Sehschärfenbestimmung benutzt werden, nicht das minimum separabile bestimmt wird, sondern, daß es sich immer um das Erkennen der betreffenden Figur als solcher

und um die Bestimmung des hierzu nötigen minimalen Gesichtswinkels handelt. Hierbei spielt eine Rolle: 1. Auflösungsvermögen, 2. Lichtsinn, 3. Raumsinn, 4. Formensinn. Blask. stellt fest, daß Buchstaben, Zahlen, Haken oder Ringe von gleichen Dimensionen im Erkennungswinkel stark differieren. Und er konstruiert Tafeln mit Buchstaben deren Erkennungswert er durch Vergleich mit Landolt'schen Ringen festgestellt hat. Es erwiesen sich C D J O und U ohne Veränderung ihrer Form als gut brauchbar. Außerdem konnte noch E F H L und T nach entsprechender Formveränderung verwendet werden. Von den Zahlen ließen sich 1, 7, 4, 2 und 3 benutzen und 0 wurde als zu leicht, 5, 6, 8 und 9 als zu schwer befunden. Aber eine völlige Übereinstimmung der Buchstabenwerte mit dem Ring konnte Bl. nicht erreichen.

Auch Heß stellte Untersuchungen an, um einen Unterschied in der Erkennbarkeit einer Anzahl von Buchstaben zu finden. Und er stellte fest, daß eine Differenz von 40% und mehr besteht. In seinen „internationalen Sehproben" stellt er einfach konstruierte Zahlen neben die Landolt'schen Ringe, indem er ihren Erkennungswert durch Verkleinerung jenen anpaßt. Einen grundsätzlichen Fortschritt in der Entwicklung der Sehprobentafeln bedeuten die Versuche, ein Sehopjekt zu wählen, welches nur seine Lage ändert. Snellen stellte Tafeln mit 2- und 3zackigen Haken auf, wobei angegeben werden muß, auf welcher Seite er offen war. Jedoch ist bei den zweizackigen Haken das Intervall zwichen den Strichen nicht 1 Min. sondern 3 Min.; so daß diese Figur gegen das von Snellen selbst angegebene Prinzip der Konstruktion von Optotypen verstößt. Bei den dreizackigen Haken ist das Verhältnis der Dicke der Striche zu den sie trennenden Zwichenräumen richtig. Die Erkennbarkeit der Seite, wo der Haken offen ist, entspricht jedoch nicht dem Vermögen, die Striche getrennt wahrzunehmen, sondern beruht darauf, daß dem Untersuchten die offene Seite der Figur heller erscheint. Dieses umsomehr, als der mittlere Strich kürzer ist als die beiden anderen. Siklossy führte deshalb den mittleren Balken ebenso weit wie die beiden seitlichen aus. von Ammon schrägte die

beiden Ecken des der offenen Seite gegenüber liegenden Striches der Hakenfigur ab. So wurde die Erkennbarkeit der Figur etwas schwieriger.

Landolt konstruierte eine Figur, welche vom Ophtalmologenkongreß 1909 als Normalsehzeichen angenommen wurde und auf den ersten Blick auch als Ideal einer Sehprobe erscheint. Sie besteht aus einem schwarzen Ring auf weißem Grunde, der unterbrochen ist durch eine Lücke mit parallelen Rändern, deren gegenseitiger Abstand gleich der Dicke des Ringes ist. Die Dicke des Ringes ist gleich dem Fünftel des Durchmessers seines äußeren Kreises. Die Dimensionen sind somit denen der Snellen'schen Buchstaben ähnlich. Als Vorzug dieses Zeichens bezeichnet Landolt:

1. Es wird mit ihm wirklich die Erkennungsschärfe bestimmt (minimum separabile).
2. Es kann bei geschulten und ungeschulten Personen jeder Nation angewendet werden.
3. Die Prüfung ist fast unabhängig von der Intelligenz und Bildung des Untersuchten.
4. Es schließt das Erraten aus.
5. Es ist durch Abwandlung der Lage eine rasche Kontrolle möglich.
6. Es kann das Vorhandensein von Astigmatismus festgestellt werden.

Pergens wies jedoch nach, daß auch der Wert des Landolt'schen Ringes als Probe für das minimum separabile geringer ist, als man nach der theoretischen Begründung erwartete. Er konnte nachweisen, daß bei der Erkennung der Lücke im Landolt'schen Ring das weiße Zentrum, je nach der Größe der ganzen Figur und der Strichdicke, eine wesentliche Rolle spielt und er schließt aus seinen Versuchen, daß 57,7 % auf die Untersuchung der Öffnung von 1 Min. fallen und 42,3 % auf Rechnung anderer Faktoren.

Bei allen diesen Versuchen hat sich ergeben, daß noch eine Anzahl schwer analysierbarer und noch schwerer ausschaltbarer Tatsachen mitsprachen, durch die das Ergebnis der Seh-

schärfenbestimmung in erheblichem Maße beeinflußt wird. Aber, so sagt Löhlein, so wünschenswert es in wissenschaftlicher Beziehung wäre, ein Maß für das minimum separabile zu kennen, so muß dieses doch immer eine Cura posterior bleiben gegenüber dem praktischen Bedürfnis, d. h. die Sehproben sollen hauptsächlich zur Ermittlung der Bedingungen (Korrektionsgläser) dienen, welche uns die deutlichsten Bilder der Gesamtheit der Formen der Außenwelt zu liefern vermögen und sollen gleichzeitig gestatten, die Fähigkeit des Auges zur Erkennung dieser Gesamtheit von Formen zahlenmäßig auszudrücken.

Heß schlägt vor, nicht von Sehschärfe zu sprechen, sondern hierfür den Ausdruck „Erkennungsschärfe" oder noch besser „optisches Auflösungsvermögen" zu gebrauchen. Doch haben sich beide Ausdrücke nicht einbürgern können. In neuerer Zeit entstanden dann Sehproben, mit denen es möglich ist, den Astigmatismus des untersuchten Auges festzustellen. Malinowski verwendet als Sehprobe Ringe mit ein bis vier Unterbrechungen, die im vertikalen, horizontalen und im Zwischenmeridian liegen oder schwarze Kreise mit radiär gestellten weißen Lücken, deren Anordnung gleich denen im Ring ist. Bei Astigmatismus werden die Lücken verschieden deutlich gesehen.

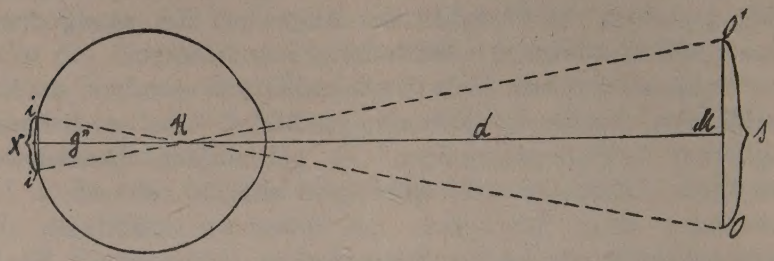
Verhoeff's Objekte bestehen aus zwei Reihen konzentrischer Ringe, die eine mit zwei, die andere mit drei Ringen. Es muß die Zahl der Ringe noch erkannt werden. Bei Astigmatismus entstehen gegenüber liegende sektorenförmige, unscharfe Ausschnitte.

Auf andere Sehproben komme ich im folgenden noch zu sprechen.

Auch in der Wiedergabe der zahlenmäßigen Bestimmung der Sehschärfe schlagen die einzelnen Autoren verschiedene Wege ein. Von Snellen und von Giraud-Teulon wird der Sehschärfe als Einheit ein Gesichtswinkel von 1 Min. zugrunde gelegt; d. h. ein Auge, welches zwei Punkte gerade noch unter einem Gesichtswinkel von 1 Min. getrennt zu unterscheiden vermag, besitzt eine Sehschärfe $V = 1$. Unterscheidet er sie unter

einem Winkel von 2 Min., so ist eine Sehschärfe $V = 1/2$; d. h. der Grad der Sehschärfe wird ausgedrückt durch eine Zahl, die der Zahl der Minuten des kleinsten Unterscheidungswinkels umgekehrt proportional ist.

Die zahlenmäßige Wiedergabe als Ausdruck der Größe der Sehschärfe war auf Grund folgender Überlegungen gerechtfertigt.



Es bedeuten O und O' die beiden Objektpunkte, i und i' die entsprechenden Bildpunkte auf der Netzhaut, d die Entfernung der ersten, g" die der letzten vom Knotenpunkt K.

Der Winkel OKO' ist der Gesichtswinkel, unter welchem die beiden Objektpunkte dem Auge erscheinen. Er ist als Gegenwinkel dem Winkel iKi' gleich. Also sind die Dreiecke OKO' und iKi' einander ähnlich. Wir können demnach sagen:

$$x : s = g'' : d$$

$$x = \frac{s \cdot g''}{d}$$

s und d sind meßbar, g" hängt vom Refraktionszustand des Auges ab. Die Sehschärfe ist offenbar um so größer, je geringer die Entfernung der Punkte i und i'.

Das Maximum des Formsinnes entspricht dem Maximum von x. Oder: Die Sehschärfe (V) ist dem x umgekehrt proportional.

$$v = \frac{1}{x}$$

Wir setzen für den obigen Ausdruck ein $v = \frac{d}{s.g''}$

In der Praxis handelt es sich nun nicht um die Bestimmung des absoluten Wertes von x, nicht um die absolute, sondern um die relative Sehschärfe, die Sehschärfe eines Auges im Vergleich mit derjenigen eines anderen.

Da wir nun den Wert g" für alle Augen gleich machen können, so dürfen wir diesen Wert gleich 1 setzen. Folglich lautet der Ausdruck für die Sehschärfe

$$v = \frac{d}{s}$$

d. h. die Sehschärfe ist dem Gesichtswinkel umgekehrt proportional. Nun folgert Snellen:

$$v : V = \frac{d}{s} : \frac{D}{S}$$

Irgend eine Sehschärfe v verhält sich zur Einheitssehschärfe V wie

$$\frac{d}{s} : \frac{D}{S.}$$

Ist für beide die Entfernung der Objektpunkte vom Auge die gleiche d = D so wird

$$v : V = \frac{1}{s} : \frac{1}{S}$$

$$v = \frac{V \cdot S}{s}$$

und da die Einheitssehschärfe V = 1 ist, so ist

$$v = \frac{S}{s}$$

d. h. eine gesuchte Sehschärfe ist gleich dem gegenseitigen Abstand zweier Punkte, die auf die gegebene Entfernung unter dem Gesichtswinkel einer Minute erscheinen, dividiert durch den Abstand, den sie haben müssen, um von dem fraglichen Auge gerade noch getrennt unterschieden zu werden.

Ist der gegenseitige Abstand der beiden Punkte derselbe s = S, so verhalten sich

$$v : V = d : D$$

$$v = \frac{V \cdot d}{D}$$

und da V = 1, so ist $v = \frac{d}{D}$

d. h. die Sehschärfe eines Auges ist gleich der Entfernung d, in welcher es zwei Punkte getrennt unterscheidet, dividiert durch die Entfernung D, in welcher dieselben unter einem Winkel von 1 Min. erscheinen.

Neben diesen gewöhnlichen Brüchen, die gleichzeitig angeben, in welcher Entfernung untersucht wird, werden auch die Dezimalbrüche verwendet. So stellte Monoyer 1875 Sehproben her, deren Dimensionen so gewählt waren, daß die entsprechenden Sehschärfegrade in der Entfernung von 5 m den einfachen Dezimalbrüchen entsprachen.

Eine andere Bezifferung führten Blaskovics und Siklossy ein. Sie nahmen als Einheit den 60 fachen Wert der vom normalen Auge erreichten Winkelsehschärfe von 1 Min. an. Das würde etwa der Erkennung eines Sehzeichens für 60 m in 1 m entsprechen.

von Blaskovics bezeichnet als Vorteil dieser Einheit, welche er als Oxyoptrie (/o) bezeichnet, folgendes:

1. Rechnungen mit kleinen Sehschärfen werden erleichtert.
2. Da die meisten Menschen mit normalem Auge, besonders in der Jugend, einen Visus = 100/o haben, ist es leicht möglich, einem Laien das Maß der Oxyoptrie verständlich zu machen, da die Oxyoptrie als Zahl ungefähr die Prozentzahl eines scharfsichtigen Auges darstellt.
3. Die Oxyoptrie ist der 60. Teil des Snellen'schen und internationalen Maßes und demgemäß leicht damit zu vergleichen.

Auf dem Ophtalmologenkongreß 1905 wurde beschlossen, die Sehschärfe in Dezimalen anzugeben. Und zwar wurde die Tafel für Bestimmung aus einer mittleren Entfernung von 5 m hergestellt. Wird nun die Prüfung in einer anderen Entfernung, etwa 4 m, vorgenommen, so sind die für 5 m angegebenen Werte nur mit 0,8 zu multiplizieren.

In welcher Progression sind nun die Sehschärfengrade angeordnet worden?

Auch hier sind verschiedene Wege beschritten worden. Am besten würde sich der wirkliche Grad der Sehschärfe bestimmen

lassen, wenn die Reizgröße kontinuierlich geändert würde. Dieser Weg ist neuerdings auch eingeschlagen worden. Continuo versuchte auf optischem Wege zum Ziele zu kommen. Er benutzte eine Convexlinse, welche vor dem Buchstaben steht und durch verschiedene Anordnung verschiedene Größen des imaginären Bildes erzeugt. Weiterhin schuf er noch eine andere Tafel mit der Figur V, die verschieblich ist, sowohl der Gesamtgröße nach, als auch in der Strichbreite.

Auch Procksch berichtet über eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Bestimmung der Sehschärfe. Er hat eine Tafel mit 3 schwarzen Streifen konstruiert, deren Breite ebenso wie ihr gegenseitiger Abstand von oben nach unten gleichmäßig zunimmt. Die Tafel wird hinter einem Spalt in variabler Höhe senkrecht bewegt, so daß Quadrate von wechselnder Größe und Abstand sichtbar werden. Eine Tabelle zeigt an, für welche Entfernung die einzelnen Stellen der Streifen unter einem Gesichtswinkel von 1 Bogenminute erscheinen. Jedoch sind alle diese Untersuchungen zu umständlich, sodaß sie sich nicht einbürgern konnten und die sprungweise Änderung der Größe der Sehzeichen auch weiterhin beibehalten worden ist.

Je geringer der Grad irgend einer Funktion ist, desto schwieriger ist es erfahrungsgemäß, dieselbe genau zu bestimmen. Aus diesem Grund nahmen Snellen und Giraud Teulon zwischen den Proben zur Bestimmung niedriger Sehschärfengrade ein größeres, zwischen denjenigen der höheren ein kleineres Verhältnis an.

Bei Snellen's für 5 m bestimmte Lesetafeln ist die Progression in ganzen Zahlen ausgedrückt folgende:

$$\begin{array}{ccccccccccc} 1 & — & 1{,}66 & — & 2{,}5 & — & 3{,}33 & — & 5 & — & 8{,}3 & — & 10 \\ & 1{,}66 & & 1{,}5 & & 1{,}33 & & 1{,}5 & & 1{,}66 & & 1{,}2. & \end{array}$$

Die unteren Zahlen geben das Verhältnis zwischen zwei benachbarten Graden wieder.

Bei Monoyer's Leseproben folgen sich die Grade der Sehschärfe in arithmetischer Progression mit der Ratio

$$\begin{array}{ccccccccccccc} 0{,}1 & — & 0{,}2 & — & 0{,}3 & — & 0{,}4 & — & 0{,}5 & — & 0{,}6 & — & 0{,}7 \\ & 2 & & 1{,}5 & & 1{,}33 & & 1{,}25 & & 1{,}2 & & 1{,}16 & \end{array}$$

0,7 — 0,8 — 0,9 — 1,0
1,14 1,125 1,11,

wobei die unteren Zahlen wiederum das Verhältnis zwischen je zwei benachbarten Graden bedeuten.

John Green, Javal, Sulzer u. a. vertraten die Ansicht, das Verhältnis zwischen zwei benachbarten Zeichen müsse dasselbe sein, so daß die Sehschärfe vom ersten zum zweiten um gleich viel steige, wie vom dritten zum vierten oder vom neunten zum zehnten; d. h. die Sehschärfengrade sollten in geometrischer Progression angeordnet sein. Als Faktor schlug Green dritte Wurzel aus 0,5, Javal Quadratwurzel aus 2 vor.

Die Reihe von Javal lautete: $1; \sqrt[-]{2}; 2; 2\sqrt[-]{2}$; usw.

Javal führt als Vorteil der geometrischen Progression an, daß mit dem Lesen einer nächst kleineren von einer beliebigen Reihe festgestellt werde, daß die „flächenhafte Sehschärfe" des Betreffenden doppelt so groß ist, als beim Lesen des nächst größeren. Man hat gegen die arithmetische Progression eingewandt, daß die Intervalle zwischen den einzelnen Reihen verschieden groß sind, und so die Genauigkeit der Bestimmung der Sehschärfe darunter leidet. Jedoch legt Heß diesem gar keine Bedeutung bei, und Landolt hebt es gar als Vorteil hervor, da es wünschenswert sei, bei den Werten, die etwas kleiner als die normalen sind, etwas kleinere Intervalle zur Verfügung zu haben, als bei stärkerer Herabsetzung der Sehschärfe, und er fügt noch die Werte 0,15; 1,25; 1,5, : 1,75 und 2 hinzu. Zeiß stellte Tafeln her, wo sich zwischen 0,1 und 0,2 noch die Werte 0,12; 0,14; 0,16 und 0,18 befinden und schob zwischen 0,2 und 0,3 noch den Wert 0,25 ein. Eine einheitliche Lösung wurde bis heute nicht gefunden.

Schon früh wurde erkannt, daß die Sehschärfe in hohem Maße von der Beleuchtung abhängig ist, und so ist die Beleuchtung der Sehprobentafel wiederholt Gegenstand der Erörterung gewesen. Die meisten Beleuchtungskörper sind so eingerichtet, daß die Lichtquelle dem untersuchten Auge nicht direkt sichtbar

ist, da dies zu Blendungserscheinungen und damit zu einer Beeinträchtigung der Sehschärfe führen würde.

Roth stellte die Sehproben in einem nach vorn offenen Kasten, wo die Lampen, in den Seitenwänden angebracht, durch einen Schirm gegen den Beobachter abgedeckt sind. Jedoch ist die Beleuchtung hierbei zu ungleichmäßig. Und auch durch Spiegel, die in den Seitenwänden angeordnet sind, wird keine gleichmäßige Beleuchtung erzielt. Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erreichen wir am besten bei Anbringung der Sehzeichen auf transparentem Grund.

Es ist vielerseits versucht worden, eine einfache Verbindung, ein bestimmtes Verhältnis, zwischen Sehschärfe und Beleuchtung zu finden. Dem Göttinger Astronomen Tobias Mayer gebührt das Verdienst, als erster mit wissenschaftlich physikalisch korrekten Methoden die nähere Ergründung dieser Frage unternommen zu haben. Er wies nach, daß bei Anwendung bestimmter Liniensysteme als Probeobjekte die Annäherung des Beobachters oder des Gesichtswinkels umso größer werden muß, je schwächer die Beleuchtung des Objekts wird. Weiter stellte er fest, daß sich schon bei heller Tagesbeleuchtung die höchste Sehschärfe ergibt und daß eine noch weitere Steigerung der Beleuchtungsintensität nicht imstande ist, die Sehschärfe noch wachsen zu lassen. Bei seinen Versuchen, ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen Sehschärfe und Beleuchtung festzustellen, variierte er die Beleuchtungsintensität des Probeobjektes im Verhältnis von 1 : 676 und kam zu dem Ergebnis: der Gesichtswinkel verhält sich umgekehrt wie die 6. Wurzel aus der Lichtintensität.

Förster und Aubert bearbeiteten Mitte vorigen Jahrhunderts dieses Thema und stimmten mit Tobias Mayer damit überein, daß eine immer weitergehende Steigerung der Beleuchtungsintensität nicht imstande ist, die Sehschärfe anzeigen zu lassen. Doch waren bald auch andere Ansichten vertreten. So fand Klein, daß die Sehschärfe wächst, solange er die Beleuchtungsintensität steigert, wenn auch zuletzt in geringem Maße. Die Frage des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen Be-

leuchtung und Sehschärfe wurde dann wieder aufgegriffen, als die Innsbrucker medizinische Fakultät eine diesbezügliche Aufgabe stellte. Posch bearbeitete sie, variierte jedoch die Beleuchtungsstärke nur im Verhältnis von 1 : 16. Er glaubte das Gesetz aufstellen zu können: Die Sehschärfe wächst wie der Logarithmus der Beleuchtungsstärke. Dagegen kommt Manolescu 1880 zu dem Ergebnis, daß der minimale Gesichtswinkel umgekehrt proportional der Wurzel aus der Lichtintensität ist. Er variierte im Verhältnis 1 : 64.

Alle diese Gesetze sind aber nur gültig bei Variation der Beleuchtung in verhältnismäßig engen Grenzen. Und Uhthoff, der 1886 die Beleuchtungsintensitäten im Verhältnis von 1 : 360 000 variierte, stellte fest, daß kein Gesetz für das Verhältnis zwischen Beleuchtung und Sehschärfe aufzustellen ist.

Man fand bei allen diesen Versuchen, daß nicht nur die Beleuchtungsintensität, sondern auch der Kontrast eine große Rolle bei der Beeinflussung der Sehschärfe spielt. Aubert wies 1865 darauf hin. Er sagte: ein Objekt wird umso eher erkannt, je mehr seine Lichtstärke von der des Grundes verschieden ist. Er machte die Beobachtung, daß weiße Sehzeichen auf schwarzem Grunde leichter erkannt werden, als schwarze auf weißem Grunde. Weiße Quadrate konnten unter einem Gesichtswinkel von 55 Sek., schwarze derselben Größe erst unter einem solchen von 68 Sek. getrennt unterschieden werden. Neue Untersuchungen hierüber sind von Wilcox, Klenova und Kravkov angestellt worden. Die Untersuchungen von Kravkov ergaben: beim Unterscheiden schwarzer Objekte auf weißem Grunde wächst die Sehschärfe bei zunehmender Beleuchtung anfangs schnell, dann langsamer. Bei weißen Objekten auf schwarzem Grunde wächst die Sehschärfe anfangs ziemlich rasch, erreicht einen maximalen Wert und sinkt dann wieder bei fortschreitender Verstärkung der Beleuchtung. Nach Wilcox ist der Lichtirridationseffekt die einzige Ursache dieser Erscheinung. Kravkov nimmt als weiteren Faktor die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges an. von Brudzewski nahm Untersuchungen mit farbigen und weißen Buchstaben auf schwarzem Papier vor. Die Sehschärfe

war bei weißen Objekten größer als bei farbigen. Die maximalen Werte für die einzelnen Objekte waren für: weiß 1,8; gelb 1,75; grün 1,6; rot 1,6; blau 1,4.

Bei meinen Untersuchungen zur Ermittlung eines Nenners des Erkennungswertes von 6 verschiedenen Tafeln standen mir 228 Fälle zur Verfügung. Das Alter der Untersuchten lag zwischen 18 und 25 Jahren. Die Optotypentafeln waren in einem nach Roth'schem System erbauten Kasten aufgestellt. Die Beleuchtungskörper, Soffitenlampen, waren nicht seitlich, sondern oben und unten angeordnet. Die Beleuchtungsintensitäten waren jedoch recht unregelmäßig. Die hohen Sehschärfenwerte waren mit 2000 bis 3000 Lux beleuchtet. Der Mitte zu fiel die Beleuchtungsstärke auf 220—300 Lux und stieg dann wieder bis 2000 Lux bei den für 50 m geltenden Typen. Doch auch in wagerechter Richtung bestanden Differenzen in der Beleuchtungsstärke, die es nötig machten, daß sämtliche Tafeln zwischen immer dieselben Beleuchtungskörper gestellt werden mußten, und so zumindest eine gleichmäßige Beleuchtung für die gleichen Werte der einzelnen Tafeln gewährleistet war. Es wurde in 5 m Entfernung monokular untersucht. Das Tageslicht im Rücken der Patienten.

Als 1. gebe ich die Vergleichswerte für V = 5/5 Blascovics wieder.

Tafel des Verfassers	Anzahl der Fälle	Sehschärfe	in %	Es wurde falsch oder nicht gelesen:
Blaskovics	63	5/5	100 %	—
Landolt	33	1,0	52,4 %	
	24	0,8	38 %	
	6	0,6	10 %	
Schweiggert's Zahlentafel	63	5/4	100 %	9×3; 8×9; 5×5
Schweiggert's Buchstabentafel	58	5/4	92 %	15×F; 8×E; 4×K; 1×H
	5	5/5	8 %	
Heine	60	5/4	95,2 %	26×6; 15×8; 11×3
	3	5/5	4,8 %	3×5
Löhlein	12	0,8	19 %	
	45	1,0	71 %	
	6	1,5	10 %	

Nach diesen ersten Zahlen ist es unmöglich, für alle Tafeln einen Nenner aufzustellen, welcher dem Wert von 5/5 Bl. entspricht. Auch sind in allen Fällen die Untersuchungsreihen zu klein, um mit Sicherheit einen solchen nennen zu können. Wohl vermag ich zu sagen, ein Visus V = 5/5 Bl. entspricht einem Visus V = 5/4 Schw. Z., V = 5/4 Schw. B., V = 5/4 Heine mit Berücksichtigung der Schwierigkeit des Lesens der oben angeführten Zahlen und Buchstaben. Auch für Löhlein vermag ich mit gewissem Vorbehalt V = 1,0 als Vergleichswert angegeben, da in 71 % V = 1,0 gelesen wurde. Für Landolt einen Vergleichswert aufzustellen, ist bei genanntem Ergebnis unmöglich. Im allgemeinen wird ein Visus V = 5/5 Bl. als ausreichend für eine mittlere normale Sehschärfe angesehen. Für Blaskowics V = 5/4 und V = 5/3 erhielt ich folgende Reihen:

Tafel des Verfassers	Anzahl der Fälle	Sehschärfe	in %	Es wurde falsch oder nicht gelesen.
Bl.	34	5/4	100 %	
Landolt	20	1,5	58,8 %	
	14	1,0	41,2 %	
Schw. Z.	34	5/4	100 %	
Schw. B.	34	5/4	100 %	12×F; 2×E
Heine	34	5/4	100 %	6×8; 3×6
Löhlein	24	1,0	70,6 %	
	10	1,5	29,4 %	
Bl.	86	5,3	100 %	
Landolt	26	1,0	30 %	
	30	1,5	35 %	
	30	2,0	35 %	
Schw. Z.	86	5/4	100 %	
Schw. B.	86	5/4	100 %	26×F; 7×C; 5×E
Heine	86	5/4	100 %	19×6; 4×9; 1×8
Löhlein	18	1,0	21 %	
	66	1,5	76,6 %	
	2	2,0	2,4 %	

In allen drei Versuchsreihen ähnliche Ergebnisse. Die Werte für V = 5/4 der Schw. Z. u. B. und der Heine'schen Tafel entsprechen fast 100%ig den Werten, sowohl für Blask. V = 5/3 als auch V = 5/4 und V = 5/5. Unterschiede bestehen hier nur in der Erkennbarkeit der „schwierigsten" Buchstaben und Zahlen. Als schwierigste Buchstaben erweisen sich F, E und C, als schwierigste Zahlen 6, 9, 3, 8 und 5. Es ergibt sich hieraus, daß diese Tafeln niemals benutzt werden können, wenn einer der höheren Sehschärfenwerte verlangt wird, da aus ihnen buchstäblich alles herausgelesen werden kann. Die größten Differenzen bestehen in allen drei Reihen bei der Landolt'schen Tafel, so daß für sie kein Vergleichswert aufzustellen ist. In der 2ten und 3ten Reihe kann ich 5/4 Blask. = 1,0 Löhlein und 5/3 Blask. = 1,5 Löhlein setzen. Letztere wiederum unter Vorbehalt, da Löhlein in 21% schlechter gelesen wurde.

Tafel des Verfassers	Anzahl der Fälle	Sehschärfe	in %	Es wurde falsch oder nicht gelesen:
Löhlein	84	1,5	100 %	
Blaskowics	64	5/3	76,2 %	
	10	5/3	11,9 %	
	10	5/2,5	11,9 %	
Landolt	42	2,0	50 %	
	28	1,5	33,3 %	
	14	1,0	16,7 %	
Schw. Z.	84	5/4	100 %	
Schw. B.	84	5/4	100 %	20×F; 12×C; 5×E
Heine	84	5/4	100 %	16×6; 3×9
Löhlein	66	1,0	100 %	
Blask.	34	5/5	51,5 %	
	16	5/4	24,2 %	
	16	5/3	24,2 %	
Landolt	30	1,0	45,5 %	
	20	1,5	30,3 %	
	16	0,8	24,2 %	

Tafel des Verfassers	Anzahl der Fälle	Sehschärfe	in %	Es wurde falsch oder nicht gelesen:
Schw. Z.	66	5/4	100 %	6×9; 4×3
Schw. B.	63	5/4	95,5 %	20×F; 6×E; 2×T; 2×K
	3	5/5	4,5 %	
Heine	62	5/4	92,4 %	16×6; 12×8; 2×3 2×9; 2×5; 2×0
	4	5/5	7,6 %	

Tafel des Verfassers	Anzahl der Fälle	Sehschärfe	in %	Es wurde falsch oder nicht gelesen:
Landolt	66	1,0	10[illegible] %	
Blask.	26	5/5	39,3 %	
	12	5/4	18 %	
	26	5/3	39,3 %	
	2	5/2,5	3,4 %	
Schw. Z.	66	5/4	100 %	4x9; 3x3
Schw. B.	62	5/4	92,4 %	22xF; 7xE; 8xC; 2xT
	4	5/5	7,6 %	
Heine	62	5/4	92,4 %	20x6; 6x8; 2x3; 2x9
	2	5/5	3,8 %	
	2	5/8	3,8 %	
Löhlein	34	1,0	51,5 %	
	26	1,5	39,3 %	
	6	0,8	9,2 %	

Als erstes fällt wieder das den drei ersten Reihen ähnliche, ja gleiche Ergebnis der Schweiggert'schen und Heine'schen Tafeln auf. Die schwierigsten Buchstaben und Zahlen sind dieselben. Und auch das Verhältnis der Blaskowics'schen, Löhlein'schen und Landolt'schen Tafeln unter einander ist dasselbe geblieben. Ein fester Vergleichswert kann nicht aufgestellt werden, und es wird bestätigt, daß die als Normalsehwerte bezeichneten Werte Blask. V = 5/5, Löhlein V = 1,0 und Landolt V = 1,0 keine Übereinstimmung im Erkennungswert mit einander haben.

Die großen Differenzen der Landolt'schen Ringe finden vielleicht darin eine Erklärung, daß sein Erkennen im erhöhten Maße von der Intelligenz abhängig ist, wie auch schon frühere Autoren schrieben. Ein Intelligenter wird, solange er eine Helligkeitsdifferenz einer Seite des Ringes wahrzunehmen vermag, diese als Öffnung des Ringes angeben, wohingegen weniger Intelligente viel früher aussagen, einen Kreis zu sehen. Da aber die Intelligenz bei größeren Versuchsreihen immer in mehr oder weniger großen Grenzen schwankt, ist es verständlich, daß für Landolt in keiner Reihe ein Vergleichswert gefunden werden konnte. Am deutlichsten kommt dieses in der letzten Tafel zum Ausdruck.

Das Ziel, für alle Sehprobentafeln einen festen Vergleichswert für die höheren Sehschärfenwerte zu finden, konnte leider nicht verwirklicht werden und es muß demnach weiter an der alten Forderung festgehalten werden, daß bei Angabe eines Visus die Tafel, nach welcher untersucht wurde, mit angegeben wird.

Die Beziehung zwischen Beleuchtung und Sehschärfe ist in den letzten Jahren wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen, und man hat auch versucht, die der besten Leistung des Auges entsprechende Beleuchtungsgrenze festzustellen. Die Ergebnisse sind recht verschieden und schwanken in größeren Grenzen, abgesehen davon, daß auch heute noch die Meinung vertreten wird, daß die Sehschärfe bei schwarzen Objekten solange wächst, wie es möglich ist, die Beleuchtung zu verstärken.

Malinowski gibt an, daß die beste Sehschärfe bei einer Beleuchtungsintensität von 1600 Lux vorhanden ist. Uhthoff stellte fest, daß bei einer Beleuchtung von 33 Normalkerzen in 1 m Entfernung das Maximum der Sehschärfe erreicht und eine weitere Steigerung der Beleuchtung nicht imstande ist, die Sehschärfe noch weiter anwachsen lassen.

Laan und Picklma kommen zu 30—50 Meterkerzen als Optimalbeleuchtung. Haku erhält gar das Maximum bei einer Platzbeleuchtung von 42 Lux, wenn in dunkler Umgebung untersucht wird.

Lythgoe nimmt als Hauptfaktor die Beleuchtung der Umgebung an und sagt, die Sehschärfe wächst, bis die Beleuchtung der Umgebung 1/100—1/10 so hoch ist, wie die Sehobjekte, steigt die Beleuchtung der Umgebung darüber, so sinkt die Sehschärfe.

Worin ist nun der Grund für die Verschiedenartigkeit der Ergebnisse zu suchen? Es wurde unter ganz verschiedenen Bedingungen untersucht. Der eine untersuchte im Dunkelzimmer, der andere bei Tagesbeleuchtung. Die Lichtzusammensetzung war verschieden. Das Alter der Untersuchten war verschieden, welches auch einen wichtigen Faktor für die Höchstgrenzen der Sehschärfe darstellt. So ergaben z. B. die Untersuchungen von Ferree, daß jüngere Individuen eine bestimmte Sehschärfe schon bei geringerer Lichtintensität erreichen, als ältere Personen. Jugendliche erreichen bei 10 Fußkerzen 80% der Sehschärfenwerte, die sie bei 100 Fußkerzen erzielen, während Ältere bei 10 Fußkerzen nur etwa 60% der bei 100 Fußkerzen vorhandenen Leistung erzielen. Der Kontrast auf den einzelnen Tafeln selbst zwischen den Optotypen und dem Untergrund war verschieden. Und schließlich sind auch alle die Tatsachen zu berücksichtigen, welche die Sehschärfe selbst beeinträchtigen und im Anfang bereits aufgezählt wurden. Auf Grund dieser Erwägungen benutzte ich bei meinen Untersuchungen, nach einer Anregung Stocks, eine Kugelspiegellampe von Zeiss mit einer 100 Watt Birne, mit welcher ich eine gleichmäßige Beleuchtung erzielte. Ein Variieren der Beleuchtungsgrößen erhielt ich durch Veränderung des Abstandes der Lampe von den Sehproben. Die Optotypentafeln waren in Augenhöhe angebracht. Die Untersuchungen fanden im abgedunkelten Zimmer statt, so daß der Untersuchte nicht durch seitliche Lichteindrücke beeinflußt wurde. Mittels einer Blendvorrichtung wurden nur die Tafeln beleuchtet. Es wurde in 5 m Entfernung untersucht. Als Optotypentafeln verwandte ich die Schweiggert'sche Buchstabentafel und die Blaskowics'sche Zahlentafel, welche beide von derselben Firma, Walb in Heidelberg, stammten und in Zusammensetzung und Farbe übereinstimmen. Das Alter der Untersuchten lag zwischen 18

und 25 Jahren. Es wurde monokular untersucht. Die Beleuchtungsmessungen wurden mit einem Weston Lux-Meter ausgeführt.

	Anzahl der Fälle	Steigerung der Belichtung		Anzahl der Fälle mit Vermehrung der Sehschärfe
1)		von 20 Lux	auf 40 Lux	29
	30	40	100	22
		100	300	26
2)	50	100	180	40
		180	400	18
3)	20	60	120	12
		120	200	8
4)		80	150	32
	48	150	250	15
		250	1000	34
5)	52	120	200	37
		200	400	20
6)	32	180	250	12
		250	500	28
7)	22	200	280	15
		280	800	20
8)	36	180	350	22
		350	800	22
9)	24	250	350	17
		350	800	16
10)	46	300	500	38
		500	1200	9
11)		400	600	21
	32	600	1200	7
		1200	2000	—
12)		500	700	90
	152	700	1200	8
		1200	2000	3

Die erste Versuchsreihe zeigt, daß in fast allen Fällen die optimale Sehschärfe erst bei 300 Lux erreicht wird. Jedoch ist kaum anzunehmen, daß dieses die optimale Beleuchtung ist, und

ich steigere in der nächsten Versuchsreihe die Beleuchtung auf 400 Lux. Das Ergebnis scheint dem ersten zu widersprechen; denn nur 18 von 50 vermögen ihre Sehschärfe bei einer Beleuchtungssteigerung von 180 auf 400 Lux zu vermehren. Eine gewisse Erklärung liegt darin, daß bei dieser Reihe außerordentlich viele Brillenträger waren — ich ließ mit Brille untersuchen — die fast alle mehr oder weniger stark myop waren. Und ich machte im weiteren Verlauf die Erfahrung, daß myope Brillenträger ihre höchste Sehschärfe schon bei geringen Beleuchtungen erreichen. Ich ging aber mit der Beleuchtungsstärke wieder zurück, machte jedoch nur wenige Versuche, da zwischen den beiden höchsten Beleuchtungen 120 und 200 Lux zu wenig Unterschied bestand und die Sehschärfenwerte einander stark genähert waren. Der optimale Beleuchtungswert lag also doch wohl höher, und ich machte die 4. Untersuchungsreihe mit 1000 Lux als höchster Beleuchtungsintensität. Bei einer Steigerung von 80 auf 150 Lux wurde in 2/3 der Fälle eine höhere Sehschärfe erreicht, was ja auch mit der 2. und 3. Reihe übereinstimmt. Beim Übergang von 150 auf 250 Lux waren nur bei etwa 1/3 Vermehrung der Sehschärfe. Als wesentlich Neues wurde in über 2/3 der Fälle eine größere Sehschärfe bei einer Beleuchtung von 1000 Lux erreicht. Ich war demnach genötigt, höhere Beleuchtungen anzuwenden.

Die 5. Reihe ähnelt in ihren Ergebnissen stark denen der 2.

In der 6. Reihe wird bei einer Steigerung der Beleuchtung von 250 auf 500 Lux in 97,5% bei letzterer die höchste Sehschärfe erreicht.

Die 7. Reihe schien 800 Lux als den gesuchten Wert darzustellen. Als ich jedoch bei der 8. und 9. Reihe die Zwischenbeleuchtungen nur um weniges erhöhte, war die optimale Sehschärfe nur in etwa 2/3 der Fälle bei einer Beleuchtung von 800 Lux. Sollte die optimale Beleuchtung unter 800 Lux liegen? Eine Bestätigung dieser Frage gab schon die 10. Reihe; denn in über 80% der Fälle war die optimale Sehschärfe bei einer Beleuchtung von 500 Lux. Eine Steigerung auf 1200 Lux vermochte nur in wenigen Fällen eine höhere Sehschärfe zu erzielen.

Jedoch war dieses noch so wesentlich, daß ich zu noch höheren Beleuchtungswerten übergehen mußte und nahm darum in der nächsten Reihe Beleuchtungen von 400, 600 und 1200 Lux. Und um zu sehen, wie die Untersuchten auf noch höhere Beleuchtungen reagierten, nahm ich als 4. Größe ein solche von 2000 Lux hinzu. Das Resultat zeigt an, daß die optimale Beleuchtung noch höher als 600 liegt; denn es wurde bei 1200 Lux von 7 untersuchten Augen besser gelesen als bei 600 Lux, was bei der geringen Anzahl einem Prozentsatz von 22 entspricht. Die Beleuchtung von 2000 Lux war insofern aufschlußreich, als in keinem Falle besser gelesen aber sehr verschieden angegeben wurde, ob die Optotypen deutlicher oder verschwommener gesehen wurden. 16 Untersuchte gaben an, deutlicher lesen zu können. Sechsmal wurde behauptet, daß die Tafel bei dieser Beleuchtung blende. Und die restlichen 10 konnten keinen Unterschied feststellen. Aus dieser Reihe können wir außerdem nicht entnehmen, daß 4 Patienten ihre höchste Sehschärfe bereits bei 400 Lux hatten. Alle vier hatten ein Visus von 5/3 Blask. und waren bei keiner der höheren Beleuchtungen imstande, Blaskowics 5/2,5, welcher am häufigsten als 23 oder 28 gedeutet wird, zu lesen. Da auch 600 Lux als optimale Beleuchtung nicht in Betracht kam, versuchte ich es in der nächsten Reihe mit 700 Lux. Die Beleuchtungen waren 500, 700, 1200 und 2000 Lux. Bei einer Beleuchtung von 700 Lux wurde in 90 Fällen = 58,5% besser gelesen als bei 500 Lux. Von den restlichen 200 untersuchten Augen erreichten 48 eine höhere Sehschärfe als 5/5 Blask. Weiter waren unter diesen 8 Myope mit Korrektionsgläsern. Eine Steigerung der Beleuchtung auf 1200 Lux ergab in 8 Fällen = 5,3% eine höhere Sehschärfe. Davon hatten 6 Untersuchte einen Visus von 5/10 Blask. und weniger. Die beiden anderen gaben zu, die Verbesserung dadurch erreicht zu haben, daß sie die gefragte Optotype vorher binokular erkannt hätten. Es spielte überhaupt das Bestreben, möglichst gut zu lesen, eine nicht unbeträchtliche Rolle bei der Summe der Fehlerquellen. Weiter spielt das Gedächtnis eine große Rolle. Da ich bei den höheren Beleuchtungen nur die Buchstaben oder Zahlen verlangte, welche im Anfang

falsch gelesen waren, so kam der Untersuchte häufig zu der Überzeugung, daß er das vorhergehende Mal falsch gelesen habe und „vermutete“ etwas anderes. Auch die bei den höheren Beleuchtungen von mir gestellte Frage, ob die Optotypen deutlicher oder undeutlicher als bei der vorhergehenden Beleuchtung erscheinen, wurde dadurch sehr beeinflußt, daß ich die Lampe der Tafel näherrücken mußte, um eine höhere Beleuchtung zu erzielen, und im allgemeinen die Überzeugung herrscht, daß je heller ein Gegenstand ist, er auch umso besser erkannt wird. Und nur in etwa 10% wurde meine Frage dahingehend beantwortet, daß die Optotypen schlechter zu lesen seien oder daß die Tafel blende. Die Anzahl der bei 1200 und 2000 Lux verbesserten Sehschärfenwerte ist so gering und durch die erwähnten Beeinträchtigungen so unwesentlich, daß ich mit Recht sagen kann, daß die optimale Sehschärfe bei einer Beleuchtung von 700 Lux erreicht wird.

Zusammenfassung.

Es sind bei Sehschärfenbestimmungen eine Reihe von Bedingungen zu beachten, von denen die wichtigsten folgende sind:

Die Belichtung hat gleichförmig zu sein. Weiter hat sie auf Grund meiner Untersuchungen mindestens 700 Lux zu betragen, welche Zahl sich als Mindestbelichtung zur Erreichung der optimalen Sehschärfe erwies. Die Helligkeit der Umgebung der Lesetafeln ist auf ein Minimum herabzudrücken. Störende Nebenlichtquellen sind zu vermeiden. Es ist in einer gleichbleibenden Entfernung zu untersuchen, wobei sich als praktischste eine solche von 5 m erwiesen hat. Weiter haben Weite der Pupille, Gedächtnis, Aufmerksamkeit und andere subjektive Tatsachen einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die Sehschärfenbestimmung.

Dem zweiten Teil der Arbeit, Vergleichswerte für die Erkennbarkeit der gebräuchlichsten Optotypen zu finden, ist leider kein eindeutiges Ergebnis beschieden worden. Einzig folgende Werte konnten festgestellt werden.

V = 1,5 Löhlein entspricht V = 5/3 Blaskovics.

V = 1,0 Löhlein entspricht sowohl V = 5/4 Bl. als auch V = 5/5 Bl. und zwar beiden Werten in etwa 70% der Fälle.

Die Werte für V = 5/4 der Schweiggert'schen Zahlen- und Buchstabentafeln und der Heine'schen Tafel entsprechen sowohl V = 5/3 Bl. als auch V = 5/4 Bl. und V = 5/5 Bl. Sie unterscheiden sich nur durch die Erkennbarkeit der schwierigsten Buchstaben und Zahlen. Für die Landolt'sche Tafel ist kein Vergleichswert aufzustellen.

Es muß also weiter auf der Forderung bestanden werden, bei Visusangaben die Tafel, mit welcher untersucht wurde, mit anzugeben.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Professor Dr. K. Schmidt für die freundliche Überlassung der Arbeit und die mir gewährten Ratschläge und tatkräftige Hilfe meinen herzlichen Dank auszusprechen. Danken möchte ich auch für die großzügige Bereitstellung der benötigten Apparaturen. Nicht zuletzt gilt mein Dank den S. A.-Kameraden und Kommilitonen, die sich freundlicherweise für die Untersuchungen zur Verfügung stellten.

Literatur.

Beyne: Zur Frage der Beleuchtung der Sehproben zur genauen Bestimmung der Sehschärfe. 1934 Zentralblatt für Ophtalmologie 31 S. 133.

— Die Bedingungen der Beleuchtung entsprechend einer korrekten Meßung der Sehschärfe beim Menschen. Zentralbl f. Opht. 30 S. 173. 1934.

Blaskovics: Über den heutigen Begriff der Sehschärfe und über die oxyoptrischen Sehproben. 1924. Zentralbl. f. Opht. 11 S. 174

— Über die Verwendbarkeit von Buchstaben und Zahlen bei Sehschärfenuntersuchungen. 1929. Monatsblätter für Augenheilkunde Bd. 71 S. 440.

Birkhäuser: Studienkommission für Sehproben. 1927. Zentralbl. f. Opht. 8 S. 130.

— Grundsätzliches über Leseproben. 1922. Monatsbl. f. Augenheilk. 68. S. 732.

Birch-Hirschfeld: Ein neuer Weg zur Funktionsprüfung des Auges. 1933. Zentralbl. f. Opht. 28 S. 62.

Continuo: Eine neue Methode zur Bestimmung der Sehschärfe 1923. Zentralbl. f, Opht. 9 S. 490.

Colenbrander: Bestimmung der Sehschärfe. 1935, Zentralbl. f. Opht. 31 S. 54.

D'osvaldo: Über die Sehschärfe bei abnehmendem Licht. 1933 Zentralbl. f. Opht. 29 S. 290.

Elschning und Gnad: Standardisierung der Sehschärfenbestimmung 1930. Archiv für Augenheilkunde 102 S. 486.

Ferree: Die Prüfung der Sehschärfe 1934. Zentralbl. f. Opht. 31 S. 234

Gnad: Über die Erkennbarkeit von Buchstaben, Ziffern und Snellen'schen Haken. 1930 Archiv f. Augenheilk. 102 S. 475.

Guillery: Ein Vorschlag zur Vereinfachung der Sehproben. 1891. Arch. f. Augenheilk. 23 S. 323.

— Zur Vereinheitlichung der Sehschärfenprüfung 1930. Arch. f. Augenheilk. 103. S. 280.

Heß: Über einheitliche Bestimmung und Bezeichnung der Sehschärfe. 1909. Arch. f. Augenheilk. 63. S. 239.

Hecht, Selig: Eine Grundlage über die Beziehung zwischen Sehschärfe und Beleuchtung. 1931. Zentralblatt f. Opht. 24. S. 18.

Inouye, Tatzuji: Die Definition der Sehschärfe und der Vorzug der 40 Winkelsekundentheorie vor der 1 Minutentheorie. 1931. Zentralbl. f. Opht. 24. S. 20.

Haku: Über die Beeinflussung der Sehschärfe durch Änderung der Beleuchtungsstärke des Sehortes. 1931. Zentralbl. f. Opht. 24. S. 21.
Kühl: Über Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsstärke. 1929. Zentralbt. f. Opht. 20. S. 635.
Klenova: Sehschärfe beim Unterscheiden weißer Objekte auf schwarzem Grund und ihre Abhängigkeit von der Beleuchtungsintensität. 1935. Zentralbl. f. Opht. 34. S. 88.
Kalinowsky: Sehprobentafeln mit gleichförmiger Beleuchtung. 1928. Zentralbl. f. Opht. 19. S. 86.
Kravkov: Sehschärfe und Beleuchtung beim Unterscheiden weißer Objekte auf schwarzem Grund. 1934. Gräfes Archiv. 131. S. 452.
Löhlein u. Gebb: Zur Frage der Sehschärfenbestimmung. 19 0. Arch. f. Augenheilk. 65. S. 69.
— Über die Tragweite zuverlässiger Sehschärfenbestimmungen. Heidelberger Berichte. 1920. S. 258.
Lythgoe: The measurement of visual acuity. 1933. Zentralbl. f. Opht. 29. S. 30.
Malinowski: Neue Tafeln zur genauen Bestimmung der Sehschärfe. 1935. Zentralbl. f. Opht. 32. S. 691.
Melanowski: Die der besten Leistung des Sehorgans entsprechende Beleuchtungsgrenze. 1936. Zentralbl. f. Opht. 35. S. 448.
Pflüger: Sehproben und Sehprüfung. Verlag Karl Sallmann, Basel 1896.
Pieron: Das Paradoxon der Herabsetzung der Sehschärfe durch blaues Licht. 1934. Zentralbl. f. Opht. 31. S. 356.
Posch: Über Sehschärfe und Beleuchtung. 176. Arch. f. Augenheilk. 5. S. 14.
Procksch: Vorrichtung zur kontinuierlichen Bestimmung der Sehschärfe. 1926. Zentralbl. f. Opht. 16. S. 344.
Pergens: Über Faktoren, welche das Erkennen von Sehproben beeinflussen. 1901. Arch. f. Augenheilk. 43. S. 144
— Analyse des Landolt'schen Ringes zur Messung der Sehschärfe. 1902. Klinische Monatsbl. Bd. II. S. 311.
Raphael: Beleuchtungssystem für Sehproben. 1931. Zentralbl. f. Opht. 24. S. 635.
Roelofs u. Bierens de Haan: Über den Einfluß von Beleuchtung und Kontrast auf die Sehschärfe. 1922. Gräfes Archiv. 107. S. 151.
Ricco: Über die Beziehungen zwischen dem kleinsten Sehwinkel und der Beleuchtungsintensität. 1932. Zentralbl. f. Opht. 27. S. 131.
Snellen u. Landolt: Bestimmung der Sehschärfe 1874. Gräfe-Sämisch: Handbuch III. S. 1.
Stock: Beleuchtung von Sehproben. 1926. Monatsblätter f. Augenheilk. Bd. I. S. 93.
Taylor: Technisch richtige Beleuchtung von Sehprobentafeln. 1927. Zentralbl. f. Opht. 18. S. 533.

Uhthoff: Über das Abhängigkeitsverhältnis der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. 1886. Gräfes Arch. 32. S. 171.
Verhoeff: Eine neue Sehprobentafel. 1934. Zentralbl. f. Opht. 30. S. 199.
Wilcox: Grundlage der Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtung. 1932. Zentralbl. f. Opht. 27. S. 447.

Lebenslauf.

Am 29. 4. 1913 wurde ich, Heinz Bönig, als Sohn des Fabrikanten Robert Bönig und seiner Ehefrau Else, geborene Lindenberg, in Dohnsen, Kreis Holzminden geboren. Nach Schulbesuch in Dohnsen und Bodenwerder bestand ich 1932 am Reformrealgymnasium in Hameln das Abitur. Die vorklinischen Semester belegte ich in Freiburg und Heidelberg, wo ich im Herbst 1934 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Die klinischen Semester hörte ich in Freiburg und Bonn, wo ich im Winter 1937/38 mein Studium mit der ärztlichen Staatsprüfung abschloß.